

## اثرات محلول پاشی کلسیم و بور بر کیفیت میوه گلابی آسیایی رقم 'KS<sub>10</sub>'<sup>۱</sup>

کبری خلیج<sup>۱</sup>، نوراله احمدی<sup>۲\*</sup> و محمدکاظم سوری<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۶/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۲۱)

### چکیده

کلسیم و بور به عنوان عناصر مهم تغذیه‌ای نقش‌های ویژه‌ای را در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه و میوه بازی می‌کنند، که می‌توان به استحکام دیواره سلولی و مشارکت در برخی از متابولیسم‌های سلولی اشاره کرد. با توجه به اهمیت این دو عنصر، در این تحقیق اثر محلول پاشی با غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم (صفر، ۵ و ۷ در هزار) و اسید بوریک (صفر و ۵ در هزار) در مرحله قبل از برداشت (در طی فصل رشد) روی میوه رقم 'KS<sub>10</sub>' گلابی آسیایی در باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد کلسیم و بور باعث بهبود صفات فیزیکی و شیمیایی میوه می‌شوند. تحت تأثیر تیمارها، در زمان برداشت سفتی میوه افزایش یافت و سرعت افزایش مواد جامد محلول کاهش یافت. اگرچه سه ماه پس از نگهداری میوه‌ها در سردخانه سفتی میوه در تمامی تیمارها کاهش یافت، ولی میوه‌هایی که بیشترین میزان کلسیم و بور را دریافت کرده‌اند کمترین میزان نرم شدن بافت را نشان دادند. کاهش مقدار فنل کل در مدت انبارداری در میوه‌های تیمار شده کمترین مقدار بود، در حالی که میوه‌های شاهد بیشترین کاهش فنل کل را نشان دادند. بیشترین و کمترین میزان فعالیت پلی فنل اکسیداز به ترتیب در میوه‌های شاهد و تیمار شده به دست آمد. نتایج این آزمایش نشان داد که میوه‌های محلول پاشی شده کیفیت و عمر انباری بالاتری نسبت به میوه‌های شاهد داشتند و علائم قهوه‌ای شدن نسبتاً کمتری را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: پلی فنل اکسیداز، پلی فنل کل، سفتی بافت، قهوه‌ای شدن داخلی

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ahmadin@modares.ac.ir

## مقدمه

گلابی آسیایی (*Pyrus serotina* Rehd) یکی از میوه‌هایی است که مصرف آن از زمان‌های گذشته در نواحی شرق آسیا مورد توجه بوده است و به خاطر کیفیت خوب این میوه مصرف آن به سرعت در حال افزایش می‌باشد (۶). از عوامل عمده کاهش عمر پس از برداشت این میوه، ضایعات ناشی از نابسامانی‌های فیزیولوژیکی و عوامل بیماری‌زا می‌باشد. حفظ کیفیت پس از برداشت میوه متأثر از عوامل مختلفی از جمله شرایط آب و هوایی منطقه و مدیریت تغذیه باغ می‌باشد (۶).

کلسیم و بور نقش مهمی در حفظ کیفیت و ماندگاری پس از برداشت میوه‌ها به خصوص سیب و گلابی دارند. کلسیم در ترکیبات پکتین تیغه میانی، سبب استحکام دیواره سلولی و سفتی بافت میوه می‌شود (۱۸). به علاوه کلسیم باعث حفظ بهتر غشای سلولی و ثبات دیواره سلولی می‌شود (۱۶). عنصر بور نیز در واکنش‌های فیزیولوژیکی شامل چوبی شدن دیواره سلولی، متابولیسم قندها و ترکیبات فنلی دخالت دارد. این عنصر به حفظ ساختمان غشای سلولی کمک می‌کند و به عنوان یک آنتی اکسیدان از قهوه‌ای شدن داخلی میوه جلوگیری می‌کند (۱۲).

با توجه به نقش بارز دو عنصر کلسیم و بور مخصوصاً در کیفیت میوه‌ها از یک طرف، و از طرف دیگر محدود بودن مطالعات مربوط به نقش عناصر کلسیم و بور در میوه ارقام گلابی آسیایی زودرس، این تحقیق جهت بررسی پاسخ درختان گلابی آسیایی رقم KS<sub>10</sub> به محلول پاشی کلرور کلسیم و اسید بوریک انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ روی رقم زودرس KS<sub>10</sub> گلابی آسیایی در باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران انجام شد. محلول پاشی اسید بوریک سه بار با غلظت‌های صفر و ۵ در هزار و کلرید کلسیم شش بار با غلظت‌های صفر، ۵ و ۷ در هزار روی رقم مورد نظر با سه تکرار و در قالب آزمایش فاکتوریل

و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت (جدول شماره ۱). تجزیه و تحلیل داده‌های فنل کل و فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. میوه‌ها پس از برداشت (تقریباً ۹۰ روز پس از گل‌دهی)، به سردخانه با دمای ۲°C و رطوبت ۸۵٪ منتقل شدند. خصوصیات بیوفیزیکیوشیمیایی میوه‌ها در زمان برداشت و سه ماه بعد از انبارداری مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین طول و قطر میوه‌ها از کولیس دیجیتالی استفاده شد و تعیین وزن میوه‌ها، با ترازوی آزمایشگاهی انجام شد. پس از برش میوه‌ها به قطعات کوچک و خشک نمودن آنها در آون با دمای ۷۰°C، وزن خشک اندازه‌گیری شد. سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی سنج (Penetrometer) و مجموع مواد جامد محلول توسط دستگاه رفرکتومتر اندازه‌گیری گردید.

جهت تعیین اسیدیته قابل تیترا عصاره میوه با محلول سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به پ‌هاس ۸/۳ تیترا گردید. اندازه‌گیری میزان فنل کل گوشت میوه‌ها در زمان برداشت و سه ماه پس از انبارداری به روش Folin - Ciocalteu انجام گرفت (۱۷). یک گرم نمونه پودر شده با اضافه نمودن ۶ میلی‌لیتر متانول برای عصاره‌گیری به مدت ۱۵ دقیقه در حمام ماوراء صوت قرار داده شد. در مرحله بعدی نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴°C با سرعت ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس مقادیر ۲۰۰ μl از عصاره نمونه، ۱/۵۸ ml آب مقطر و ۱۰۰ μl فولین در داخل میکروتیوپ‌ها ریخته شد و مخلوط گردیدند. پس از ۸ دقیقه، ۳۰۰ μl کربنات سدیم اضافه کرده و ۲ ساعت در تاریکی در دمای اتاق قرار داده شدند و در پایان میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل بیور رد (Bio-RAD) در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت گردید و نتایج براساس میلی‌گرم اسید گالیک (Gallic acid) در هر گرم وزن تر میوه محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز، پس از سپری شدن ۳ ماه از انبارداری، بافت میوه در ازت مایع فریز گردید و تا موقع انجام آزمایش در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. مقدار

جدول ۱. ترکیب تیمارهای کلرید کلسیم و اسید بوریک مورد کاربرد در آزمایش

| تیمار                         | کلرید کلسیم | اسید بوریک |
|-------------------------------|-------------|------------|
| c <sub>0</sub> b <sub>0</sub> | صفر         | صفر        |
| c <sub>0</sub> b <sub>1</sub> | صفر         | ۵ در هزار  |
| c <sub>1</sub> b <sub>0</sub> | ۵ در هزار   | صفر        |
| c <sub>1</sub> b <sub>1</sub> | ۵ در هزار   | ۵ در هزار  |
| c <sub>2</sub> b <sub>0</sub> | ۷ در هزار   | صفر        |
| c <sub>2</sub> b <sub>1</sub> | ۷ در هزار   | ۵ در هزار  |

دستگاه طیفسنجی نوری اندازه‌گیری شد و با رسم خط درجه‌بندی میزان پروتئین در نمونه‌ها محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تغییرات بیوفیزیکیوشیمیایی میوه‌ها موقع برداشت و سه ماه پس از نگهداری شامل صفات طول و قطر، وزن تر و خشک، سفتی بافت، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل نیترو در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

تیمارهای محلول پاشی کلرور کلسیم و اسید بوریک روی صفات طول و قطر میوه اثر قابل ملاحظه‌ای در زمان برداشت و سه ماه بعد از انبارداری نداشت (جدول ۲ و ۳). درحالی‌که وزن تر میوه تنها از کلسیم تأثیر پذیرفت و در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میانگین وزن تر میوه مربوط به کلسیم ۷ در هزار (۵۴/۷۲ گرم) و کمترین مقدار در شاهد (۴۰/۷۷ گرم) بود (شکل ۱).

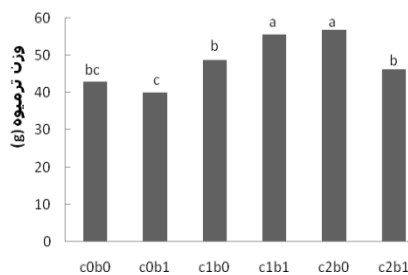
هم‌چنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن خشک میوه در موقع برداشت تنها از اثر متقابل کلسیم و بور تأثیر پذیرفت و در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میانگین وزن خشک میوه، ۱۷/۴۸ گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه در تیمار c<sub>2</sub>b<sub>1</sub> بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

۲۵۰۰ mg از بافت میوه با ۱ + ۲ میلی‌لیتر بافر سدیم فسفات ۲۵ میلی‌مولار با pH برابر با ۶/۸، عصاره‌گیری شد. همگن‌های حاصل در ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. سپس محلول روئی به‌عنوان عصاره خام آنزیمی در ویال‌های ۰/۵ میلی‌لیتری تقسیم شد و تا زمان سنجش فعالیت آنزیم‌ها در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. کلیه مراحل عصاره‌گیری در دمای ۴°C انجام شد. سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز در نمونه‌های گوشت میوه براساس روش قناتی و همکاران (۱۳) با کمی تغییر انجام شد. به این منظور از بافر سدیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH برابر با ۶/۸، پری کاتکول ۰/۱۵ مولار به‌عنوان سوسترا و عصاره آنزیمی استفاده شد. ۳ میلی‌لیتر مخلوط واکنش حاوی ۲ml بافر سدیم فسفات، ۶۰۰ μL متیل کاتکول و ۴۰۰ μL عصاره آنزیمی بود. تغییرات در شدت اکسیداسیون کاتکول در طول موج ۴۱۰ نانومتر به مدت ۱ دقیقه با دستگاه طیفسنجی نوری مدل بیورد ثبت گردید. فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز براساس تغییرات در میزان جذب در طول موج ۴۱۰ نانومتر در مدت ۱ دقیقه به‌ازای هر میلی‌گرم پروتئین در عصاره آنزیمی بیان شده است. اندازه‌گیری پروتئین نمونه‌ها براساس روش برادفورد (۴) انجام گرفت. بعد از سانتریفیوژ و جدا کردن محلول روئی عصاره ۱۰۰ μL از آن برداشته شد و در یک لوله آزمایش ریخته شد و به آن ۱ ml معرف برادفورد (Bradford) اضافه گردید. بعد از ۲ دقیقه جذب آن در طول موج ۵۹۵ نانومتر توسط

جدول ۲. تجزیه واریانس خصوصیات فیزیکوشیمیایی میوه گلابی در زمان برداشت

| منابع تغییر | درجه آزادی | طول میوه            | قطر میوه            | وزن تر میوه         | وزن خشک            | سفتی               | TSS                | TA                   |
|-------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| بلوک        | ۲          | ۹/۲۵ <sup>ns</sup>  | ۷/۶۸ <sup>ns</sup>  | ۴۹/۱۴ <sup>ns</sup> | ۰/۰۶ <sup>ns</sup> | ۰/۰۶ <sup>ns</sup> | ۰/۰۹ <sup>ns</sup> | ۷۲۹/۵ <sup>ns</sup>  |
| کلسیم       | ۲          | ۲۲/۳۱ <sup>ns</sup> | ۳۰/۰۹ <sup>ns</sup> | ۲۹۳/۹*              | ۱/۴۷ <sup>ns</sup> | ۴/۵**              | ۷/۷۲**             | ۹۰۹/۶ <sup>ns</sup>  |
| بور         | ۱          | ۱/۹۱ <sup>ns</sup>  | ۹/۷ <sup>ns</sup>   | ۵۴/۲۱ <sup>ns</sup> | ۰/۰۲ <sup>ns</sup> | ۰/۸۸**             | ۲/۷۲**             | ۱۲۲/۳ <sup>ns</sup>  |
| کلسیم × بور | ۲          | ۱/۴۸ <sup>ns</sup>  | ۲/۸ <sup>ns</sup>   | ۲۲/۴۳ <sup>ns</sup> | ۲/۹۹*              | ۰/۱ <sup>ns</sup>  | ۴/۰۵**             | ۱۰۲۹/۱ <sup>ns</sup> |
| خطا         | ۱۰         | ۹/۰۲                | ۱۱/۵۵               | ۶۷/۹                | ۰/۴                | ۰/۰۶               | ۰/۱۴               | ۳۹۹/۶                |
| CV%         | -          | ۷/۹۷                | ۷/۵۶                | ۱۷/۱۴               | ۳/۸۴               | ۵/۰۸               | ۲/۸۳               | ۲۰/۷۲                |

ns و \*\*: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪ و عدم وجود اختلاف معنی دار

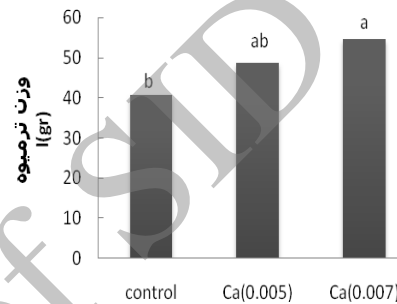


شکل ۲. اثر متقابل کلسیم و بور بر وزن تر میوه گلابی آسیایی سه ماه بعد از انبارداری

حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ است

به تیمار شاهد (۴/۷۳ کیلوگرم بر سانتی متر مربع) بود که در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی دار داشتند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سفتی میوه سه ماه بعد از انبارداری تنها از کلسیم تأثیر پذیرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین میانگین سفتی میوه مربوط به کلسیم ۷ در هزار (۳/۲۳ کیلوگرم بر سانتی متر مربع) و کمترین میانگین سفتی مربوط به تیمار شاهد (۲/۳ کیلوگرم بر سانتی متر مربع) بود (شکل ۳).

مواد جامد محلول کل در زمان برداشت برای اثر کلسیم و اثر بور و اثر متقابل بین کلسیم و بور در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف نشان دادند (جدول ۲) و مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد بیشترین میانگین مواد جامد محلول کل مربوط به تیمار شاهد (c0b0) (۱۶/۱۶ درجه بریکس) بوده است (شکل ۴). مواد جامد محلول کل سه ماه بعد از انبارداری برای اثر کلسیم و بور



شکل ۱. اثر کلسیم بر وزن تر میوه گلابی آسیایی موقع برداشت حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ است

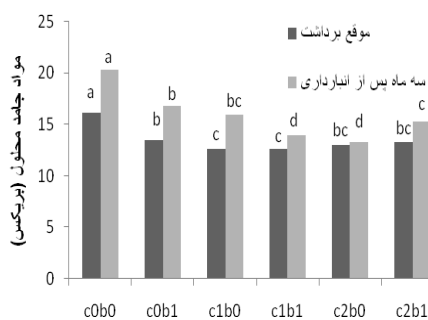
وزن تر میوه سه ماه بعد از انبارداری برای اثر کلسیم و اثر متقابل کلسیم و بور در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد و برای اثر بور معنی دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میانگین وزن تر میوه متعلق به تیمار c2b0 (۵۶/۶۳ گرم) بود (شکل ۲).

سفتی بافت میوه در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر محلول پاشی کلسیم و بور قرار گرفت، در حالی که اثرات متقابل کلسیم و بور معنی دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین میانگین سفتی میوه مربوط به کلسیم ۷ در هزار (۵/۸۳ کیلوگرم بر سانتی متر مربع)، و کمترین میانگین سفتی بافت در تیمار شاهد (۴/۱ کیلوگرم بر سانتی متر مربع) مشاهده گردید (شکل ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میانگین سفتی بافت میوه مربوط به غلظت بور ۵ در هزار (۵/۱۷ کیلوگرم بر سانتی متر مربع) بود و کمترین میانگین سفتی مربوط

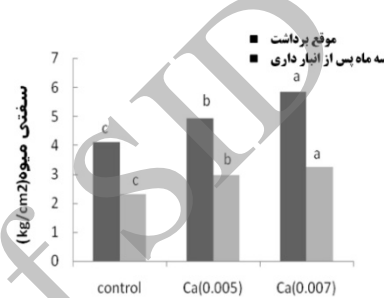
جدول ۳. تجزیه واریانس خصوصیات فیزیوشیمیایی بافت میوه سه ماه بعد از انبارداری

| منابع تغییر | درجه آزادی | طول میوه            | قطر میوه            | وزن تر میوه         | سفتی               | TSS                 | TA                   |
|-------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| بلوک        | ۲          | ۶۱/۱۳ <sup>ns</sup> | ۹۵/۳۵ <sup>ns</sup> | ۶۲۴/۷ <sup>ns</sup> | ۰/۱۸ <sup>ns</sup> | ۰/۲۹ <sup>ns</sup>  | ۱/۹۳ <sup>ns</sup>   |
| کلسیم       | ۲          | ۹/۴۷ <sup>ns</sup>  | ۱۳/۵۸ <sup>ns</sup> | ۲۶/۳۱ <sup>ns</sup> | ۰/۸۸ <sup>**</sup> | ۴۰/۸۷ <sup>**</sup> | ۶۳۰/۳ <sup>ns</sup>  |
| بور         | ۱          | ۱۵/۹۸ <sup>ns</sup> | ۲/۰۹ <sup>ns</sup>  | ۸۳/۹۳ <sup>ns</sup> | ۱/۱۲ <sup>**</sup> | ۰/۲۲ <sup>ns</sup>  | ۳۶۰/۰۸ <sup>ns</sup> |
| کلسیم × بور | ۲          | ۸/۲۲ <sup>ns</sup>  | ۲/۴۷ <sup>ns</sup>  | ۱۹/۵۳ <sup>ns</sup> | ۰/۶۷ <sup>*</sup>  | ۱/۵۱ <sup>*</sup>   | ۱۱۰۹/۲ <sup>*</sup>  |
| خطا         | ۱۰         | ۱۷/۷۷               | ۴۶/۸۹               | ۳۴۴/۲               | ۰/۰۹               | ۰/۲۹                | ۱۶۴/۴                |
| CV%         | -          | ۱۱/۹۶               | ۱۶/۷۵               | ۲۹/۷۵               | ۱۳/۶۵              | ۳/۰۸                | ۱۳/۹۹                |

\*, \*\*, ns: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪ و عدم وجود اختلاف معنی دار



شکل ۴. اثر متقابل کلسیم و بور بر مواد جامد محلول کل میوه گلابی آسیایی در موقع برداشت و سه ماه بعد از انبارداری



شکل ۳. اثر کلسیم بر سفتی بافت میوه گلابی آسیایی در موقع برداشت و سه ماه بعد از انبارداری

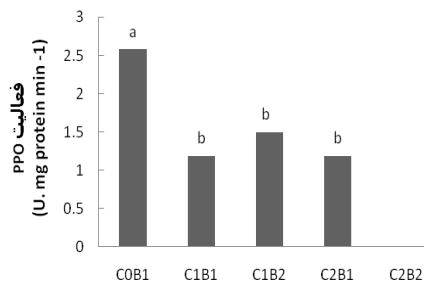
حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ است

میزان کاهش در نمونه‌های شاهد بیشتر از میوه‌های تیمار شده است. نمونه‌های شاهد کمترین میزان فنل کل را پس از سه ماه انبارداری نشان می‌دهد. در نمونه‌های تیمار c2b1 کاهش میزان فنل کل خیلی جزئی می‌باشد، که نشان می‌دهد فعالیت پلی فنل اکسیداز در این تیمار پایین می‌باشد (شکل ۵). براساس این داده‌ها و تحقیقات قبلی، کاهش زیاد میزان فنل کل در نمونه‌های شاهد پس از سه ماه انبارداری می‌تواند ناشی از فعالیت زیاد آنزیم پلی فنل اکسیداز باشد که موجب اکسید شدن ترکیبات فنلی در بافت میوه و در نتیجه قهوه‌ای شدن داخلی میوه می‌گردد (شکل ۷).

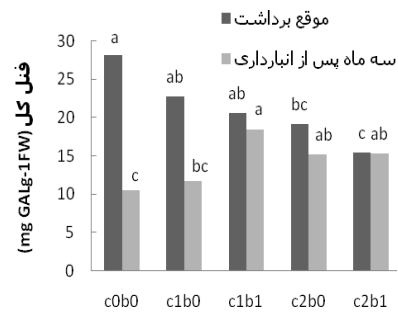
در میوه‌های شاهد بیشترین فعالیت پلی فنل اکسیداز پس از سه ماه انبارداری نسبت به سایر تیمارها دیده می‌شود، که موجب اکسید شدن ترکیبات فنلی در بافت میوه نمونه شاهد گردیده و باعث کاهش ترکیبات فنولی در آن می‌گردد. در واقع

اثر متقابل بین کلسیم و بور در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۳). بالاترین میانگین مربوط به تیمار شاهد (۲۰/۳۳ درجه بریکس) بود (شکل ۴).

تفاوت معنی داری از نظر اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) در زمان برداشت در بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد (جدول ۲). اسیدیته میوه سه ماه بعد از انبارداری برای اثر متقابل کلسیم و بور در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین میانگین مربوط به تیمار c1b0 بود. در مرحله برداشت، میوه‌های شاهد بیشترین میزان فنل کل را داشتند، در حالی که تیمارهای کلسیم و بور بسته به غلظت مورد استفاده، سبب کاهش میزان فنل کل گردیدند. میوه‌های تیمار شده با غلظت ۷ در هزار کلسیم و بور ۵ در هزار نسبت به سایر نمونه‌های تیمار شده کمترین میزان فنل را نشان دادند. در طول دوره انبارداری میزان فنل کل کاهش می‌یابد، اما این



شکل ۶. اثر کلسیم و بور بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز میوه گلابی آسیایی سه ماه بعد از انبارداری حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ است



شکل ۵. اثر کلسیم و بور بر میزان فنل کل میوه گلابی آسیایی در موقع برداشت و سه ماه بعد از انبارداری حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ است



تیمار کلسیم ۷ در هزار



شاهد

شکل ۷. قهوه‌ای شدن داخلی میوه گلابی آسیایی شاهد سه ماه پس از نگهداری در سردخانه (دما ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪)

در میوه‌های تیمار شده با کلسیم سفتی بافت میوه تا پایان مدت انبارداری به مراتب بیشتر از دیگر تیمارها و هم‌چنین تیمار شاهد بود. تیمار ۸٪ کلرید کلسیم دو هفته قبل از زمان مناسب رسیدگی میزان سفتی بافت میوه سیب را نیز به‌طور معنی‌داری افزایش داد (۷). هم‌چنین در تحقیقی دیگر، میزان سفتی میوه‌های گلابی آسیایی با تیمار ۴ درصد کلرید کلسیم نسبت به شاهد افزایش یافت (۹). در این آزمایش تیمار کلسیم باعث کاهش مواد جامد محلول در میوه گردید. این نتایج، نتایج تحقیقی را که، محلول‌پاشی کلرید کلسیم موجب کاهش مقدار مواد جامد محلول نسبت به شاهد گردید را، تأیید می‌نماید (۱۰). ولی با نتایج تحقیقات دیگر مغایرت دارد (۲ و ۱۴). مطالعات دیگر نیز نشان داده است که درصد مواد جامد محلول در سیب گلدن (Golden Delicious) تحت تأثیر تیمار کلسیمی واقع نمی‌گردد (۳).

میوه‌هایی که توسط عناصر غذایی تیمار شدند، در هنگام انبارداری فعالیت آنزیم کمتری داشتند (شکل ۶). در این پژوهش کاربرد عناصر غذایی باعث افزایش وزن تر و خشک میوه شد (جدول ۲). افزایش وزن تر و خشک میوه در این مطالعه می‌تواند به نقش این عناصر در دیواره سلولی و افزایش میزان پکتات در بافت میوه مرتبط باشد. نتایج این تحقیق با گزارشات دیگر در خصوص افزایش وزن میوه با محلول‌پاشی کلسیم و بور مطابقت دارد (۲ و ۱۴).

سفتی بافت میوه تحت تأثیر محلول‌پاشی عنصر کلسیم بهبود قابل ملاحظه‌ای نشان داد. این افزایش سفتی بافت می‌تواند ناشی از افزایش میزان پکتات‌ها باشد که با کاربرد کلسیم افزایش می‌یابند. کلسیم باعث جفت شدن پکتین‌ها شده و در نهایت باعث استحکام بافت میوه می‌شود (۲۰). این مطالعه نشان داد که در طول دوره انبارداری، سفتی بافت میوه کاهش یافت ولی

تولید ترکیبات فنلی، کلسیم به طور غیرمستقیم باعث کاهش فعالیت پلی فنل اکسیداز می شود (۸). کاربرد کلسیم باعث افزایش پلی ساکاریدها و مواد جامد غیرقابل محلول در الکل در دیواره سلولی میوه می شود و نفوذپذیری غشاء را افزایش می دهد. هم چنین باعث حفظ بهتر غشای سلولی و ثبات دیواره سلولی می شود (۱۱، ۱۵ و ۱۶). به طور کلی، عناصر بور و کلسیم با حفظ تمامیت غشاء سلول و اندامک ها و پایدار ساختن خاصیت تراوایی این غشاءها از عمل اکسیداسیون مواد فنلی جلوگیری می کند (۵ و ۱۹).

### نتیجه گیری

کاربرد کلسیم و بور باعث بهبود صفات فیزیکی و شیمیایی میوه می شوند. از صفات فیزیکی به افزایش سفتی میوه و از صفات شیمیایی می توان به کاهش سرعت افزایش TSS اشاره کرد. میوه های محلول پاشی شده کیفیت و عمر انباری بالاتری نسبت به میوه های شاهد داشتند. کلسیم و بور با کاهش فعالیت پلی فنل اکسیداز، باعث جلوگیری از قهوه ای شدن آنزیمی میوه می شود.

### سپاسگزاری

از آقای دکتر کاظم ارزانی به خاطر تأمین مواد گیاهی مورد استفاده در این پژوهش تشکر می شود.

کاربرد عنصر کلسیم سبب کاهش سرعت تنفس و کاهش سرعت تجزیه نشاسته به قندهای ساده شد و باعث کاهش مواد جامد محلول گردید. طی مدت انبارداری مواد جامد محلول نمونه ها به صورت چشمگیری افزایش یافت. در مدت انبارداری معمولاً به دلیل تبدیل نشاسته به قند میزان مواد جامد محلول افزایش می یابد. در آزمایشی بر روی سیب گلدن در صد مواد جامد محلول تغییر معنی داری در مدت انبارداری از خود نشان نداد و تحت تأثیر کلسیم قرار نگرفت (۷). به هر حال نتایج ما با نتایج این تحقیق مغایرت دارد.

اسیدیته قابل تیتراسیون بافت میوه در مدت انبارداری کاهش یافت. گزارش های قبلی نیز مشخص نموده است، در گلابی و دیگر میوه ها معمولاً اسیدیته تا زمان افزایش حجم نهایی میوه افزایش و میزان آن به تدریج در هنگام بلوغ، رسیدن و نگهداری میوه کاسته می شود (۱)، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد و تیمار کلسیم می تواند باعث بهبود وضعیت این پارامتر و حفظ آن شود. نتیجه تحقیقات دیگر در خصوص کاهش اسیدهای آلی در طی انبارداری نیز، نتایج این تحقیق را تأیید می کند (۲۱)، هر چند که در تحقیقی دیگر گزارش شد که اسیدیته تحت تأثیر تیمار کلسیم قرار نمی گیرد (۷).

کلسیم در استحکام دیواره سلولی نقش داشته و به علت افزایش مقاومت میوه به آسیب ها توسط افزایش کلسیم، تولید ترکیبات فنلی در میوه های مقاوم کاهش می یابد و به دلیل کاهش

### منابع مورد استفاده

- Ackerman, J., M. Fischer and R. Amado. 1992. Changes in sugars, acids, and amino acids during ripening and storage of apples (cv. Glockenapfel). *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 40:1131-1134.
- Ahmad, M. and F. M. Abbdel. 1995. Effect of urea, some micronutrients and growth-regulators foliar spray on the yield, fruit quality, and some vegetative characteristics of 'Washington Navel' organe trees. *Hort Science* 30:774-780.
- Betts, H. and W. J. Bramlag. 1979. Uptake of calcium by apples from postharvest dip in calcium chloride solution *Journal of American Society for Horticultural Science* 102(6):785-788.
- Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annual Review of Biochemistry* 72: 248-54.
- Chen, J. L., S. J. Yan, Z. Feng, L. Xiao and X. S. Hu. 2005. Changes in the volatile compounds and chemical and physical properties of 'Ya Li' pear (*Pyrus bertschneideri* Rehd) during storage. *Journal of Food Chemistry* 97: 248-255
- Chen, J., Z. Wang, J. Wu, Q. Wang, X. Hu. 2007. Chemical compositional characterization of eight pear cultivars. *Journal of Food Chemistry* 104: 268-275.

7. Conway, W.S. and C.E. Sams,. 1985. Influence of fruit maturity on the effect of postharvest calcium treatment on decay of Golden Delicious apples. *Journal of Plant Disease* 69:42-44
8. Coseteng, M. Y. and C. Y. Lee. 1987. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science* 52: 985-989.
9. Dhatt, A. S., B. V. C. Mahajan, A. R. Bhatt. 2005. Effect of pre and post-harvest calcium treatments on the storage life of Asian pear. *Acta Horticulturae* 696: 497-501.
10. Dolati baneh, H., A. Hacani, A. Majidi, sh. Zomorodi, gh. Hacani and M. J. Malakoti. 2002. Effect of calcium chlororide on foliar concentration and frequency characteristics of stiffness and a Lebanese Red apples stored in Urmia region, *Journal of Agricultural Science* 12 (4) :54-47 (In Farsi).
11. Dunn, A. and J. Able. 2006. Preharvest calcium effects on sensory quality and calcium mobility in strawberry fruit. *Acta Horticulturae* 708: 307-312.
12. Dzondo-Gadet, M., R. Mayap-Nzietchueng, K. Hess, P. Nabet, F. Belleville and B. Dousset. 2002. Action of boron at the molecular level: effects on transcription and translation in an acellular system. *Biological Trace Element Reserch* 85: 23-33.
13. Ghanati, F., A. Morita and H. Yokota. 2002. Induction of suberin and increase of lignin content by excess boron in tobacco cell. *Soil Science and Plant Nutrition* 48: 357-364.
14. Khoshgalb, H. 2008. The effects of calcium, zinc and boron on the chemical composition of fruits, postharvest shelf life and reduce symptoms of internal browning of fruits of two varieties of Asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.) in Tehran climate. PhD. Tnesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University Iran.
15. Malakoti, M. J. and M. M. Tehrani. 2001. The Role of Micronutrients in Increasing Yield and Improving the Quality of Agricultural products Publishing Tarbiat Modares University, Iran.
16. Sharpels, R. O. and D. S. Johnson. 1977. The influence of calcium on senescence changes in apples. *Annals of Applied Biology* 85: 150-453.
17. Singh, R. P., K. N. C. Murthy, G. K. Jayaprakasha. 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of Agiculturer and Food Chemistry* 50:81-86.
18. Subburamu, K., M. Sinzaravelu and A. Nazar. 1990. Per-harvest sprays of calcium in grape(*Vitis vinifera*). *South Indian Horticulture*. 38:268-269.
19. Tomasbarberan, F. A., M. I. Gil, M. Castaner, F. Artes and M. E. Salveit. 1997. Effect of Selected Browning Inhibitors on Phenolic Metabolism in Stem Tissue of Harvested Lettuce. *Journal of Agiculturer and Food Chemistry* 45, 583-589
20. Veltman, R. H., M. G. Sanders, S. T. Persijn, H. W. Peppelenbos and J. Oosterhaven. 1999. Decreased ascorbic acid levels and brown core development in pears (*Pyrus communis* cv 'Conference'). *Physiologia Plantarum* 107: 39-45.
21. Zhang, W.Y. 1990. The Biological and Physiology of Fruit Agricultural, Publishing Company China.